

*Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA,  
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 18 Mei 2013*

## **KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS CADMIUM SULFIDA (CdS) HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK *CLOSE SPACED VAPOR TRANSPORT (CSVT)* UNTUK APLIKASI SEL SURYA**

**Ariswan**

*Juridik Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan sifat optik semikonduktor lapisan tipis *Cadmium Sulfida* (CdS) hasil preparasi dengan teknik *Close Spaced Vapor Transport* (CSVT). Proses pendeposisian lapisan tipis CdS dilakukan dalam reaktor vertikal yang telah divakumkan dengan memberikan jarak (*spacer*) antara substrat dan sumber sebesar 3 mm, serta pemanasan pada suhu 600°C. Hasil lapisan tipis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan struktur dan parameter kisi kristal yang terbentuk, menggunakan *Energy Dispersive Analysis of X-Ray* (EDAX) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) berturut-turut untuk mengetahui komposisi kimia dan morfologi permukaan. Selanjutnya sifat optik dalam hal energi gap ditentukan dengan Spektrofotometer. Hasilnya menunjukkan bahwa lapisan tipis CdS yang terbentuk merupakan polikristal struktur heksagonal dengan parameter kisi:  $a = b = 4,1882 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,6053 \text{ \AA}$ . Sedangkan hasil EDAX menunjukkan bahwa perbandingan komposisi kimia unsur adalah non stoichiometri, kaya sekali dengan atom Cadmium (Cd). Perbandingan Cd dan S sebesar 17:1. Hasil SEM menunjukkan lapisan tipis yang dihasilkan mempunyai bentuk seragam dengan homogenitas warna pada seluruh permukaan dan analisis dengan spektrofotometer memberikan hasil bahwa energi gap CdS sebesar 2,4 eV.

**Kata kunci :** *Cadmium Sulfida* (CdS), teknik preparasi CSVT., sel surya

### **PENDAHULUAN**

Riset mengenai sel surya terus-menerus dikembangkan oleh para peneliti di berbagai laboratorium. Sampai saat ini terdapat beberapa generasi sel surya yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti untuk mendapatkan divais sel surya yang memiliki efisiensi tinggi, luas paparan besar, biaya murah dan mudah dalam pembuatannya. Generasi pertama yang telah berhasil dikembangkan adalah jenis wafer. Tipe pertama generasi pertama ini adalah tipe wafer silikon kristal tunggal. Tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi hingga mencapai 12 %. Selanjutnya termasuk dalam generasi pertama ini dikembangkan tipe wafer silikon poli kristal. Jenis sel surya tipe ini memiliki pembiayaan pembuatan yang lebih murah meskipun tingkat efisiensinya lebih rendah jika dibandingkan dengan silikon kristal tunggal. Sel surya generasi kedua adalah sel surya tipe lapisan tipis. Ide pembuatan jenis sel surya lapisan tipis adalah untuk mengurangi biaya pembuatan sel surya. Efisiensi tertinggi saat ini yang bisa dihasilkan oleh jenis sel surya lapisan tipis ini adalah sebesar 19,5% yang berasal dari sel surya CIGS (menurut M. Contreras, 1999). Keunggulan lainnya dengan menggunakan tipe lapisan tipis adalah semikonduktor sebagai lapisan sel surya bisa dideposisi pada substrat yang lentur sehingga menghasilkan divais sel surya yang fleksibel. Penelitian lanjutan agar harga sel surya menjadi lebih murah dengan efisiensi konversi lebih tinggi lagi dikembangkanlah sel surya generasi ketiga. Pada

generasi ini sel surya berbentuk polimer (sel surya organik) dan sel surya foto- elektrokimia. Sel surya organik dibuat dari bahan semikonduktor organik seperti polyphenylene vinylene dan fullerene. Sedangkan sel surya fotokimia merupakan jenis sel surya eksiton yang terdiri dari sebuah lapisan partikel nano (biasanya titanium dioksida) yang di endapkan dalam sebuah perendam (dye). Termasuk sel surya generasi ketiga adalah sistem tandem yaitu sel surya terdiri dari beberapa lapisan dengan energy gap yang berbeda dimulai dari energi gal paling besar ke energi gap paling kecil dan lapisan terakhir adapah substrat. Tujuannya agar serapan energy surya meningkat dan efisiensi meningkat hingga dapat mencapai 40 % (James E. Rannels, 2001)

Sel surya generasi kedua yang sampai sekarang terus dikembangkan adalah sel surya berbahan Cadmium Telleruida (CdTe), Cadmium Sulfida (CdS), dan Cadmium Selenida (CdSe). CdTe adalah bahan semikonduktor tipe p, sedangkan kedua lainnya merupakan semikonduktor bertipe n. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk preparasi CdS dan CdTe dengan berbagai teknik preparasi misalnya teknik electrodeposition ( Barker, 1992), Chemical Vapor Deposition ( Wu X,2004), dan lain- lain. Alasan pokok riset sel surya jenis ini adalah bahan baku yang mudah diperoleh, dalam sekala riset dapat dilakukan di laboratorium, dan teknik preparasinya dapat dilakukan dengan berbagai teknik untuk memperoleh kualitas yang diharapkan. Realisasi sel surya berbahan dasar CdTe dan CdS seperti tampak pada gambar 1. (Romeo (2010))

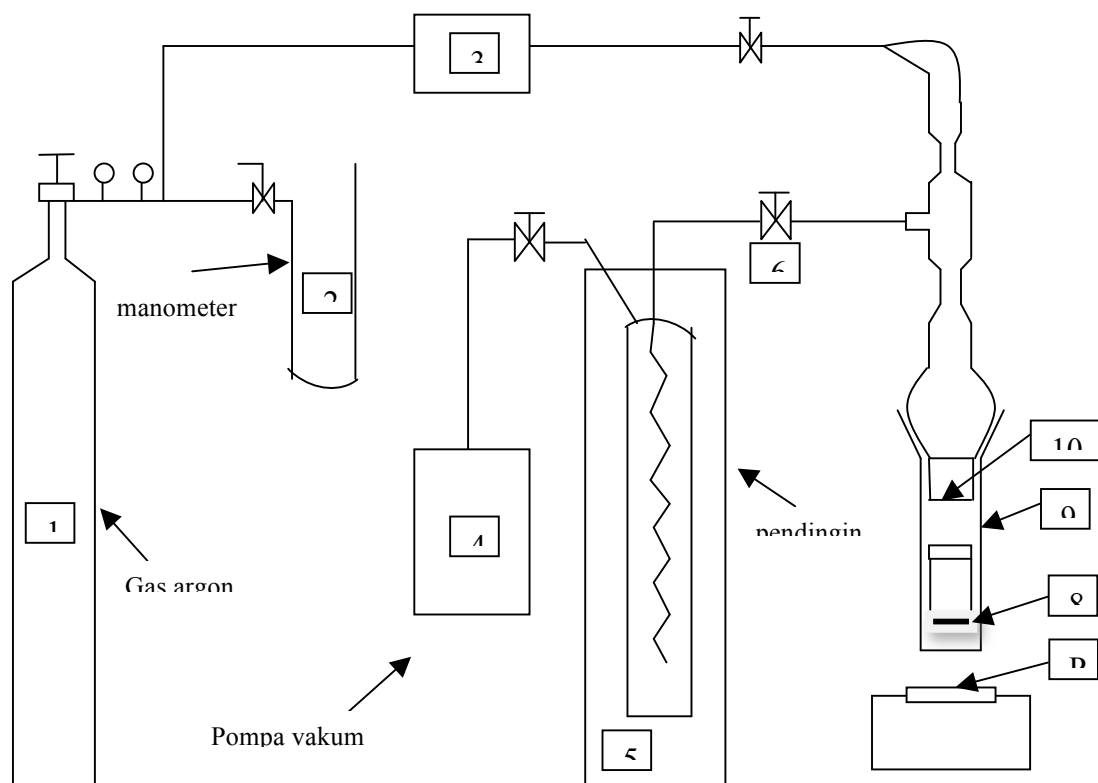
Kontak Belakang Cu+Mo
Lapisan Penyerap CdTe-type p
Lapisan Cendela CdS-type n
Kontak Depan (transparan)
Substrat kaca

Gambar 1. Susunan sel surya CdTe-CdS dalam bentuk susunan *superstrate*

## METODE PENELITIAN

Preparasi bahan dilakukan dengan teknik *Close Spaced Vapour Transport (CSVTV)*. Metode *CSVTV* merupakan modifikasi khusus untuk metode transfer uap yang masih dapat digolongkan dalam jenis deposisi lapisan tipis secara kimia atau dikenal dengan *Chemical Vapour Deposition (CVD)*. Pada metode *CVD* konvensional, bahan semikonduktor dideposisi dalam bentuk uap senyawa semikonduktor dengan bahan organik/halogen yang akan terdekomposisi dan terdeposisi pada substrat. Pada metode *CSVTV*, substrat diletakkan di atas sumber dengan diberi jarak perenggang (spacer). Metode ini menekankan dekatnya jarak antara sumber dengan substrat agar uap yang berasal dari sumber dapat sebanyak mungkin terdeposisi pada substrat. Kedekatan jarak antara sumber dengan substrat merupakan hal yang sangat penting pada metode ini karena kondisi hampa yang digunakan tidak terlalu tinggi sehingga jarak tersebut diharapkan tidak terlalu jauh dari jalan bebas rata-rata molekul gas.

Tabung reaktor diletakkan tepat diatas tungku pemanas. Posisi tabung reaktor yang tegak lurus menimbulkan gradien temperatur dengan substrat. Temperatur substrat lebih rendah dibanding dengan temperatur sumber. Temperatur substrat yang rendah menyebabkan tekanan pada substrat lebih kecil sehingga molekul gas bergerak ke arah substrat dan akan terdeposisi pada substrat. Karakteristik lapisan tipis yang terbentuk berkaitan erat dengan temperatur sumber, temperatur substrat, jarak antara sumber dengan substrat, serta konsentrasi yodium. (Zouaoui 1999).



Gambar 2. Skema Alat Close Space Vapour Transport ( CSVT)

KETERANGAN :1.Tangki Gas Argon; 2. Manometer; 3. Kran Jika ada pemurnian gas argon; 4. Pompa vakum; 5. Refrigerator ; 6. Kran penutup; 7. Pemanas listrik ; 7. Target powder; 8.Reaktor; 9.I<sub>2</sub> – solid

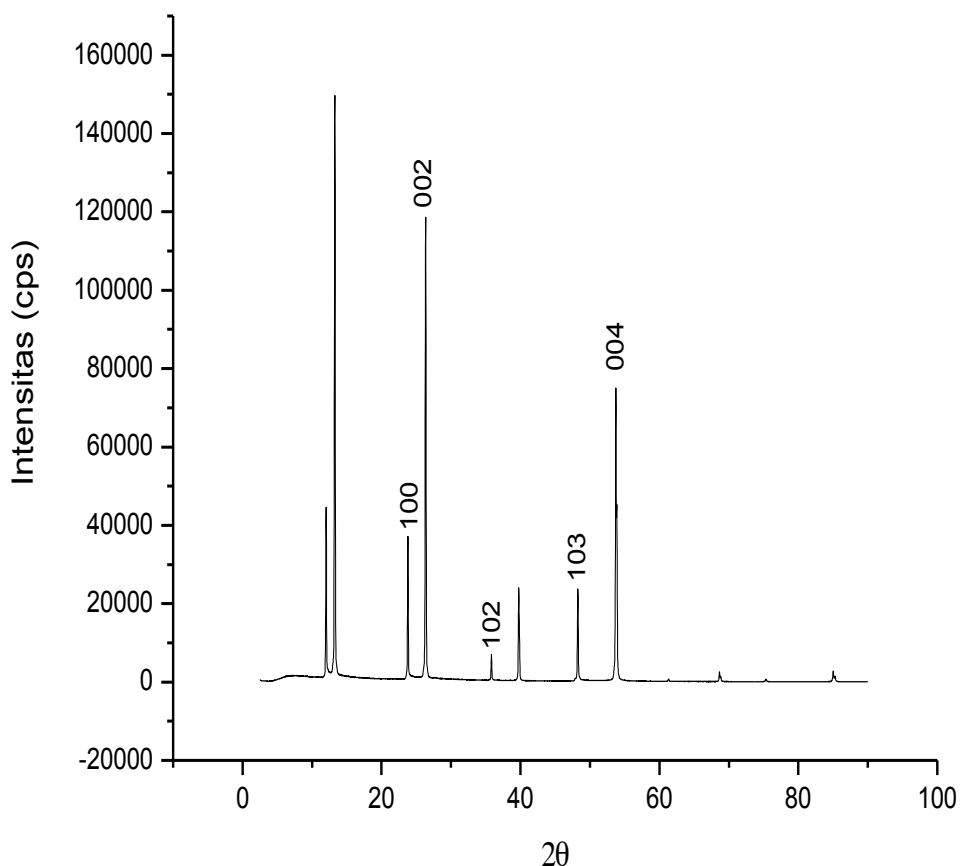
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Lapisan Tipis CdS dengan teknik *CSVT* menghasilkan sejumlah sampel dan dikarakterisasi untuk mengetahui struktur kristal, komposisi kimia dan morfologi permukaan serta sifat optik dari sampel CdS hasil preparasi tersebut.

### Analisis XRD

*XRD (X-Ray Diffraction)* dipergunakan untuk mengetahui struktur parameter kristal yang terbentuk pada substrat yaitu berupa lapisan tipis. Data yang dihasilkan berupa difraktogram, yaitu grafik hubungan antara Intensitas puncak (*I*) dan sudut difraksi ( $2\theta$ ).

Analisis menggunakan *XRD* dilakukan pada salah satu sampel dengan jarak penyangga (*spacer*) 3 mm, hasilnya seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Difraktogram lapisan tipis CdS hasil preparasi dengan teknik CSVT

Berdasarkan hasil *XRD* tersebut, kemudian dibandingkan dengan diketahui bahwa lapisan tipis CdS yang terbentuk merupakan polikristal dengan struktur heksagonal. Hasil ini diperoleh dengan cara membandingkan data hasil *XRD* dari sampel dengan data dari *Join Committee on Powder Diffraction Standart (JCPDS)* dari CdS. Hasil membandingkan ini adalah indeks *Miller (hkl)* dari bidang kristal tertentu berkaitan dengan puncak difraksi yang terbentuk. *Indeks Miller* dari suatu Kristal sangat diperlukan untuk menentukan harga dari parameter kisi kristal. Data *XRD* sampel dapat dilihat pada Tabel 1, berikut ini.

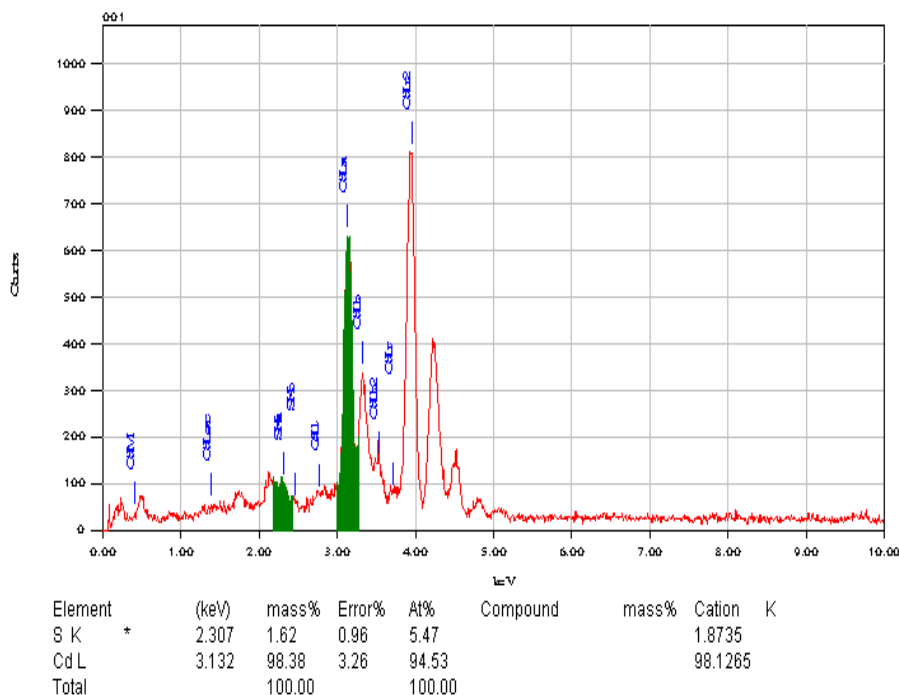
Tabel 1. Perbandingan data *XRD* penelitian lapisan tipis CdS dengan data JCPDS bahan CdS

Peak	CdS sampel 1		CdS JCPDS		
	2θ ( derajat)	I <sub>relatif</sub>	2θ ( derajat)	I <sub>relatif</sub>	hkl
1	23.8396	20	24.828	75	100
2	26.3925	72	26.449	60	002
3	35.8743	5	36.648	25	102
4	43.0036	20	43.735	55	110
5	48.0036	28	48.144	40	103
6	53.9800	5	54.614	4	004
7	68.7014	5	69.366	6	210

Berdasarkan data-data tersebut harga konstanta kisi dari kristal yang terbentuk dapat dicari dengan metode analitik (J.C. Suryanarayana, 1998). Hasilnya menunjukkan bahwa sampel lapisan tipis memiliki struktur Heksagonal dengan parameter kisi  $a = b = 4,188 \text{ \AA}$ , dan  $c = 6,605 \text{ \AA}$ . Hasil ini hampir sama dengan data JCPDS dengan besar parameter kisi berturut-turut  $a = 4,136 \text{ \AA}$  dan  $c = 6,605 \text{ \AA}$ .

### Analisis EDAX

EDAX digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari sampel. Pinsip kerja EDAX adalah adanya pancaran sinar-x dari sampel yang dipancarkan ketika sampel tersebut ditembak dengan berkas elektron. Oleh karena itu tampilan hasil EDAX adalah spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas pancaran sinar-x dengan energi sinar-x yang tentu berkaitan dengan atom-atom yang memancarkan sinar-x tersebut yang berada pada sampel. Hal ini terjadi karena ketika atom-atom sampel dikenakan berkas elektron seperti di atas akan menyebabkan atom-atom pada sampel akan mengalami eksitasi / ionisasi. Proses ini akan menyebabkan atom-atom bahan akan berada dalam kondisi yang tidak stabil. Untuk berada dalam kondisi yang stabil, maka elektron pada sampel akan melakukan deeksitasi. Elektron yang memiliki tingkat energi lebih tinggi akan melakukan transisi ke tingkat energi yang lebih rendah. Saat terjadi transisi, maka akan dilepaskan sejumlah energi berupa sinar-x yang akan ditangkap oleh detektor dan ditampilkan dalam bentuk spektrum seperti pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hasil spektrum karakterisasi EDAX lapisan tipis CdS hasil preparasi dengan teknik CSVT

Hasil karakterisasi EDAX untuk lapisan tipis CdS hasil preparasi dengan teknik CSVT memberikan hasil persentase komposisi kimia yang terbentuk yaitu S: 1,62% massa Cd: 98,38% massa. Hasil persentase dalam massa berkaitan dengan perbandingan dalam molaritas dan tampak bahwa unsur Cd dan S dengan perbandingan molaritas 94,53 dan 5,47. Perbandingan molaritas tersebut dapat dinyatakan dalam senyawa hasil preparasi memiliki komposisi kimia menjadi  $\text{CdS}_{0,06}$ .

Hasil EDAX menunjukkan bahwa sampel sangat kaya Cadmium atau sebaliknya sangat miskin Sulfur. Hal ini bisa terjadi pemilihan suhu yang tidak sesuai. Oleh karena riset terus dilakukan sampai pada hasil sesuai dengan harapan yaitu komposisi kimia yang mendekati ideal 50% Cadmium dan 50 % sulfur.

#### **Analisis SEM**

Struktur morfologi permukaan suatu bahan dapat dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Prinsip dasar pengukurannya adalah timbulnya elektron sekunder pada permukaan sampel ketika berkas elektron ditembakkan pada sampel. Elektron- elektron sekunder ini ditangkap oleh detektor dan diolah menjadi morfologi permukaan sampel Hasil dari SEM ini berupa foto permukaan dari kristal yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 5..



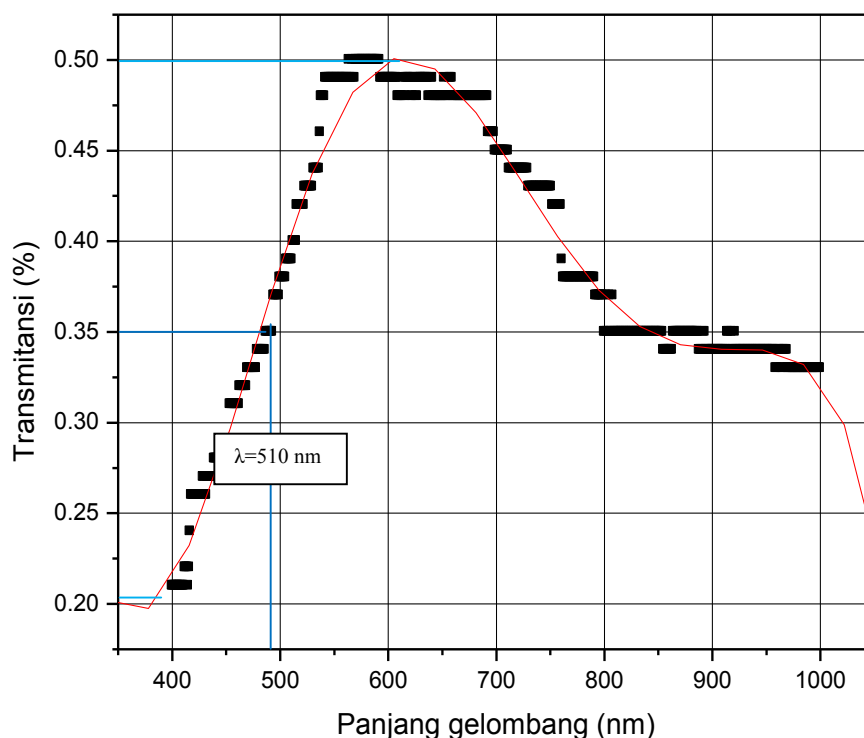
Gambar 5. Hasil pemotretan permukaan lapisan tipis CdS perbesaran 6000 kali

Dari hasil foto *SEM* dengan perbesaran 6000 kali tampak bahwa lapisan tipis CdS yang dipreparasi dengan teknik *CSVT* terbentuk dari kristal yang tersebar secara homogen pada permukaan sampel. Kehomogenan ini ditunjukkan dari warna kristal yang hampir seragam dan bentuk permukaan lapisan tipis yang homogen disetiap bagianya. Ukuran butiran (grain) berbentuk batang dengan panjang sekitar 40  $\mu\text{m}$ , ketebalan penampang lintang sebesar 1  $\mu\text{m}$ .

#### **Sifat Optik Lapisan Tipis CdS**

Uji sifat optik lapisan tipis CdS pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar transmitansi lapisan tipis CdS terhadap cahaya yang mengenai lapisan tipis tersebut. Hal ini merupakan salah satu parameter paling penting suatu bahan untuk dijadikan sebagai bahan dasar sel surya dengan harapan transmitansinya tinggi agar tidak mengganggu jalannya cahaya menuju lapisan penyerap.

Transmitansi diukur pada panjang gelombang ultra violet (UV) sampai dengan cahaya tampak. Hasil pengujian dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara Transmittansi sebagai fungsi panjang gelombang foton yang dikenakan pada sampel

Gambar 6 merupakan hasil dari pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada daerah dengan panjang gelombang antara 400 nm dan 1000 nm atau transmittansi diukur pada panjang gelombang ultra violet (UV) sampai dengan cahaya tampak. Spektrum hasil tersebut dapat dilihat bahwa lapisan tipis yang dihasilkan mulai dapat mentransmisikan cahaya pada daerah cahaya tampak yaitu pada daerah panjang gelombang 400 nm kemudian naik secara tajam dan mendekati konstan pada foton dengan panjang gelombang di atas 600 nm. Sifat ini berkaitan dengan kualitas kristal lapisan tipis CdS. Secara umum transmisi bergantung pada panjang gelombang dan ketebalan lapisan tipis CdS. Energi gap yang didapat yaitu 2,4 eV. Transmittansi diukur pada panjang gelombang ultra violet (UV) sampai dengan cahaya tampak

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Lapisan tipis CdS telah diperoleh dengan teknik *Close Spaced Vapour Transport (CSVT)*. Lapisan tipis CdS berbetuk polikristal dengan struktur Heksagonal dengan parameter kisi berturut-turut  $a = 4,188 \text{ \AA}$ , dan  $c = 6,605 \text{ \AA}$
2. Hasil lapisan tipis adalah non stoichiometri dengan komposisi sangat kaya atom-atom Cadmium dalam perbandingan molaritas dapat ditulis sebagai  $\text{CdS}_{0.06}$ . Morfologi permukaan berwarna homogen dan terbentuk kristal dengan butiran berbetuk batang dengan panjang sekitar 40 nm.
3. Hasil pengukuran energi gap  $E_g$  dengan teknik UV- VIS Spectroscopy pada suhu kamar (300 K) adalah sebesar 2,4 eV.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M Dirjen Dikti Kemdiknasbud yang telah mendanai riset ini. Kesempatan ini telah memberikan peluang kepada peneliti untuk meningkatkan peran laboratorium Fisika Material dan Energi Jurdik.Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta terus melakukan riset dalam upaya realisasi sel surya berbasis selain silikon.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Barker J, S.P. Binns, D.R. Johnson, R.J.Marshall, S. Oktik, M.E. Oznan, M.H. paterson, S.J. Ransome, S. Robert, M. Sadeghi, J.M Sherborne, A.K. Turner, J.W.Woodcock, Int. J.Sol Energy, 1992 p.79-94
- Contreras M, Egaas B, Ramanathan K, Preferred orientasion in polycrystalline Cu(In,Ga)se<sub>2</sub> and its effecton absorber thin films and device, 16<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference (1-5 Mey 2000)p.372.
- Contreras M, B. Egas, K. Ramanathan, Prog. Photovoltaic 7 1999 p. 311
- James E. Rannels, Solar Energy Materials & Solar Cells 65 2001 p.3-8.
- Suryanarayana and M.Grant Norton, Plenum Press-New York and London, 1998
- Romeo N, A. Bosio, A. Romeo, Solar Energy Materials & Solar Cells, 94 2010 p.2-7
- Tiwari A.N.; Romeo A.; Baetzener D.; and Zagg H, Progress and Photovolatics : Research and Applications, 2001 : 9, p.211
- Wu. T, Sol. Energy 77 , 2004 p.803-814
- Zouaoui, A; Lachab,M ; Hidalgo,M.L; Chaffa, A, Llinares,C,Thin Solid Films 339 (1999)p.10